

I RAPPORTI DI GREENPEACE

GREENPEACE ITALIA
V.le M. Gelsomini, 28 - 00153 Roma



FABBRICHE DI DIOSSINE

Fabrizio Fabbri
Greenpeace Italia

RIASSUNTO

Greenpeace ha analizzato delle ricerche effettuate sulle emissioni reali e potenziali provenienti da fabbriche di dicloruro di etilene (DCE) e del monomero del cloruro di vinile (VCM), le materie prime del cloruro di polivinile (PVC). Questa relazione ha portato alla luce un quadro preoccupante di livelli elevati di organocloruri, in particolare le diossine, altamente tossiche, emesse quotidianamente da queste fabbriche.

Le ricerche riguardano quattro impianti: quello della Akzo Rotterdam sul Reno in Olanda, quello della Norsk Hydro a Rafnes in Norvegia, quello della Solvay a Rheinberg in Germania, anch'esso sul Reno, e quello della Norsk Hydro (Hydro Plast) a Stenungsund, in Svezia.

Dopo aver confrontato e discusso queste ricerche, si conclude che:

La produzione di DCE/VCM mediante clorurazione diretta ed ossiclorurazione genera grandi quantitativi di organocloruri indesiderati, ivi compresi composti ad elevata tossicità quali benzeni clorurati, diossine e furani. Le informazioni esistenti sulla creazione e sul comportamento di sottoprodotti clorurati a catena corta derivanti dalla produzione di DCE/VCM sono sorprendentemente poche. E' tuttavia evidente che la produzione di DCE/VCM genera enormi quantità di queste sostanze così pericolose per l'ambiente.

In base alle informazioni esistenti, si può ragionevolmente concludere che, almeno in Svezia ed in Olanda, la causa degli elevati livelli di diossina e composti affini nei sedimenti che si trovano nei dintorni delle fabbriche in questione è la produzione di DCE/VCM.

In base alle informazioni disponibili, vi sono forti ragioni per ritenere che la produzione di DCE/VCM riverserà nell'ambiente almeno 5-10 g equivalenti TCDD di diossina ogni 100.000 tonnellate di DCE/VCM prodotte, scaricandoli direttamente nell'atmosfera, nell'acqua e nel terreno, oppure sotto forma di rifiuti e prodotti vari. Gli scarichi di altri composti clorurati saranno di simile entità.

Le ricerche disponibili suggeriscono che la produzione di DCE/VCM costituisce un'enorme fonte di organocloruri pericolosissimi e rappresenta una minaccia per l'ambiente, l'uomo, la fauna e la flora. Ponendo che la produzione mondiale annua di VCM ammonti a 18 milioni di tonnellate, il relativo livello di diossina dovrebbe:

- * Se presente nel cibo, dare a 8,1 miliardi di persone (peso medio 60 kg) la dose annua massima (livelli OMS);
- * Equivalere a 30 volte l'emissione totale annua di diossina proveniente dall'intera Svezia (che scarica 60 g di diossina l'anno).

In Norvegia ed in Svezia, la rivelazione di queste conclusioni ha costretto sia gli enti per la protezione dell'ambiente (EPA) che la Norsk Hydro ad effettuare ulteriori ricerche (1,2). Il ministro norvegese dell'ambiente ha recentemente rimandato all'autunno la sua decisione in merito al proposto ampliamento della fabbrica di Rafnes (3,4). Inoltre, personaggi norvegesi influenti, ivi compreso un ex-dirigente del programma ambientale dell'OCSE, hanno concluso che il previsto ampliamento degli impianti di produzione di PVC è in netto contrasto con gli impegni assunti a livello nazionale ed internazionale dalla Norvegia di ridurre gli scarichi tossici nell'ecosistema marino.

In particolare, la Norvegia, unitamente ad altri sette paesi del Mare del Nord, si è impegnata, mediante la Conferenza del Mare del Nord, a ridurre del 70% le emissioni di diossina fra il 1987 ed il 1995. Inoltre, alla riunione ministeriale tenutasi a Parigi nel settembre del 1992, i firmatari della Convenzione di Parigi (per il controllo dell'inquinamento dell'Atlantico Nord-Orientale) hanno convenuto "che gli scarichi e le emissioni di

sostanze tossiche, persistenti e propense alla bioaccumulazione, in particolare gli alogeni organici [...] vengano ridotti entro il 2000 a livelli non dannosi per l'uomo o per la natura, con lo scopo finale della loro eliminazione".

Greenpeace esige pertanto che i governi di tutto il mondo intraprendano le seguenti azioni:

- * Avviare indagini sulle emissioni di organocloruri derivanti dalla produzione delle materie prime per il PVC.
- * Informare le popolazioni che vivono nei dintorni di queste fabbriche della grave minaccia potenziale alla salute pubblica.
- * Bloccare qualsiasi proposta di aumentare la produzione di DCE/VCM/PVC.
- * Formulare piani, coinvolgendo gli utenti principali, i lavoratori ed i loro rappresentanti, per la graduale eliminazione di processi e prodotti che generano organocloruri.

INTRODUZIONE

Per quanto riguarda le plastiche più diffuse, il cloruro di polivinile -- PVC -- si trova al secondo posto, rappresentando un quinto del consumo mondiale. La sua gamma di applicazioni è assai vasta: imballaggi (bottiglie per l'acqua minerale, taniche, scatole e pellicole), beni di consumo (carte di credito, dischi, giocattoli), materiali edili (infissi, porte, pareti, rivestimenti, tubi e grondaie), oggetti casalinghi (pavimenti, carta da parati, veneziane, tende da doccia) e da ufficio (mobili, raccoglitori, cartelline, penne), automobili (soprattutto come vernice anticorrosiva), materiali ospedalieri "usa e getta", isolanti per cavi e fili elettrici, simil-pelle, mobili da giardino... lo si trova ovunque, ed ha dirottato la scelta del consumatore da materiali più compatibili con l'ambiente quali il legno, la ceramica ed il vetro.

Nell'intero corso della sua esistenza, questa plastica causa più degrado ambientale di qualunque altra perchè è intimamente legata alla produzione di cloro. All'incirca 30% della produzione mondiale totale annua di cloro (circa 18 milioni di tonnellate) viene attualmente usata per produrre PVC, che può essere costituito (in peso) fino al 60% da cloro; i restanti componenti sono l'etilene (ottenuto dal petrolio) ed additivi vari, molti dei quali tossici.

Gli organocloruri, sostanze che si formano quando il cloro si lega al carbonio, sono le cause note o sospettate di molte tragedie ambientali: i clorofluorocarburi (CFC), che distruggono lo strato di ozono, i policlorobifenili (PVB), che impediscono la riproduzione dei mammiferi marini, il DDT ed altri pesticidi clorurati, protagonisti del libro "La primavera silenziosa" di Rachel Carson, i sottoprodotti della lavorazione della cellulosa, che avvelenano i pesci, gli uccelli e tutti gli animali che vivono dentro e lungo i fiumi ed i laghi... la lista sembra infinita. Gli scienziati hanno recentemente scoperto che certi organocloruri sono dei "turbatori endocrini", interferiscono cioè con lo sviluppo prenatale, provocando mutamenti irreversibili nelle caratteristiche intellettuali, sessuali ecc. della progenie di madri esposte a tali sostanze. Per lo più, l'opinione pubblica ignora ancora che le scorie provenienti dalla produzione di PVC ed i sottoprodotti della combustione di tali scorie e del PVC stesso costituiscono le fonti principali di gran parte degli organocloruri più tossici.

Greenpeace è sempre più preoccupata dall'industria del PVC e la sua espansione. Man mano che sono stati identificati i pericoli inerenti ad altri usi degli organocloruri, ed i vari prodotti messi al bando o tolti dal mercato, l'industria del PVC è diventata il ricettacolo per il cloro in eccesso. I suoi prodotti ed i suoi impianti si stanno ampliando, ed invadono addirittura aree del tutto ignare del Terzo Mondo. Si tratta di scorie tossiche sotto mentite spoglie.

Preso da solo, il PVC è quasi inutilizzabile come plastica, ha bisogno di additivi che lo rendano malleabile, di metalli pesanti quali il cadmio ed il piombo che lo proteggano dal calore e dalla luce, di biocidi per arrestare la crescita di batteri e funghi. Poiché questi materiali tossici sono potenzialmente in grado di penetrare nell'ambiente, alcune autorità di controllo europee hanno limitato l'uso di alcuni additivi nei giocattoli e negli imballaggi. La Germania ha da poco limitato l'uso del cadmio nel PVC.

Gli incendi verificatisi in edifici contenenti materiali a base di PVC hanno provocato il rilascio del mortale cloruro di idrogeno. Ciò può avvenire ben prima che le fiamme siano visibili. Anche la Norsk Hydro, produttrice a livello mondiale di PVC, ammette che, per le applicazioni con un rischio d'incendio assai elevato, quali ad esempio impianti petroliferi o nucleari, sia preferibile usare materiali isolanti più costosi ma più efficaci. Un numero sempre crescente di comuni europei (un centinaio fino ad oggi) hanno proibito l'uso di PVC negli edifici pubblici (6).

Il PVC crea problemi ambientali in ogni fase della sua esistenza, eppure governi ed autorità di controllo si sono preoccupati più dei prodotti finiti che dei processi primari di produzione, che trasformano l'etilene ed il cloro in dicloruro di etilene (DCE) e poi nel monomero del cloruro di vinile (VCM). L'industria ed alcuni governi hanno effettuato delle analisi dell'impatto ambientale esercitato dal PVC durante tutto il suo ciclo vitale, ma questi

studi si sono concentrati soprattutto sul PVC in sè: utilizzo, riciclaggio e smaltimento in discariche od inceneritori. Il destino e gli effetti delle scorie create durante la produzione sono stati in gran parte ignorati.

Per tutti questi motivi ed altri ancora (ad esempio, preoccupazione circa la sicurezza dei trasporti di VCM/cloro e loro smaltimento finale), ricercatori, attivisti e scienziati di Greenpeace si sono opposti all'ampliamento delle fabbriche di PVC. Nel corso delle indagini, utilizzando dati provenienti da laboratori governativi ed industriali, nonchè da fonti indipendenti, hanno scoperto andamenti e quantitativi di emissioni tossiche tali da identificare con precisione gli impianti di produzione di materie prime per il PVC come fonte principale di una terrificante schiera di composti organoclorurati altamente tossici, ivi compresi micidiali diossine e furani.

L'estrema tossicità delle diossine e dei furani nei confronti di animali e uomini è stata ben dimostrata (7). I loro effetti cancerogeni sugli animali furono scoperti negli anni '70, e ricerche recenti ne danno conferma anche per gli esseri umani, ponendo fine ad una controversia durata molti anni (8,9,10,11). I furani influiscono negativamente sulla crescita e sullo sviluppo mentale dei figli di donne che siano state esposte a tali sostanze, che somministrate in dosi bassissime a topoline incinte determinano la demascolinizzazione permanente della prole (12). Gran parte di questi effetti subletali ricorre a livelli inferiori a quelli cancerogeni. La tossicità non cancerogena nell'uomo comprende effetti sul sistema nervoso centrale, alterazioni del metabolismo e soppressione del sistema immunitario (10).

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (13) ha stabilito una dose giornaliera di soglia (TDI) equivalente a 10pg/kg di peso corporeo per 2,3,7,8-TCDD, successivamente adottata in molti paesi. Tale limite contiene tuttavia un vizio di fondo, in quanto si basa sul presupposto che le diossine non provochino il cancro. Per contro, negli Stati Uniti è stato calcolato che una dose di 0,006 pg/kg di peso corporeo al giorno sia sufficiente a causare 1 caso di cancro in più per milione di abitanti.

Entrambe queste norme risultano ulteriormente viziate dal fatto che non tengono conto né degli effetti non cancerogeni più evidenti, che si ritiene si verifichino a livelli che sono 1/100 di quelli necessari per l'insorgenza del cancro, né degli impatti sui nascituri (esposizione tramite il trasferimento transplacentare) e sui neonati (esposizione tramite il latte materno).

Anche con la TDI della OMS, molto meno severa di quella statunitense, la dose annua considerata tollerabile per un individuo di 60 kg sarebbe di soli 219 ng (0,22 ug). Un solo grammo rappresenterebbe pertanto la dose annua per 4.500.000 persone. In questo contesto, si può comprendere il significato che rivestono i grammi di diossina prodotti dall'industria del PVC. Da sempre Greenpeace sostiene l'inaccettabilità di qualsiasi livello di esposizione alla diossina.

La relazione qui presente esamina e discute le informazioni disponibili sulla creazione e sugli scarichi degli organocloruri, e sulla contaminazione dei sedimenti dovuta alla produzione delle materie prime per il PVC (cioè DCE e VCM) nel processo bilanciato di ossiclorurazione. Vengono particolarmente evidenziate le diossine clorate ed i composti affini, tutti altamente tossici.

La relazione si suddivide in tre parti. La prima descrive il processo e la misura in cui vengono creati i sottoprodotti. Queste informazioni si basano su dati ufficiali forniti dall'industria. La seconda contiene informazioni circa la creazione, lo scarico e la contaminazione di sedimenti da parte di organocloruri provenienti da diversi impianti di produzione di DCE/VCM. Alcune di queste informazioni saranno nuove per i governi dei paesi interessati. La terza parte contiene una discussione e le conclusioni.

I risultati delle indagini non sono affatto definitivi. I dati disponibili sono tuttavia così allarmanti da spingere Greenpeace ad avvertire ora l'opinione pubblica e le autorità affinché si intervenga per arginare questa ondata di inquinamento tossico.

PARTE I

Descrizione dei processi di produzione di DCE/VCM

La produzione di PVC comporta varie fasi: la reazione fra cloro ed etilene per formare 1,2-dicloroetano (dicloruro di etilene, DCE), la piroschissione del DCE per ottenere il monomero del cloro di vinile (VCM), ed infine la polimerizzazione del VCM per avere PVC (vedi figura 1).

La produzione di DCE

Il DCE viene prodotto con due metodi diversi: clorurazione diretta ed ossiclorurazione.

Clorurazione diretta

L'etilene ed il cloro, in fase gassosa o liquida, catalizzati da 1,2-dibromoetano o da particolari cloruri metallici, reagiscono fra loro formando DCE. Tale reazione, che genera calore, comporta varie reazioni intermedie, ma la reazione globale è la seguente:



La distillazione successiva rimuove i sottoprodotti, detti "estremità pesanti".

Ossiclorurazione

In questo caso, catalizzati dal cloruro di rame, reagiscono fra loro etilene, acido cloridrico ed ossigeno per dare DCE ed acqua:



Il DCE ottenuto con questo sistema viene purificato con lavaggi successivi in HCl e NaOH, poi distillato per rimuovere i sottoprodotti, costituiti da estremità pesanti e leggere, generati nelle varie fasi della ossiclorurazione e della purificazione.

La produzione di VCM

Il monomero del cloruro di vinile viene generalmente ottenuto mediante piroschissione del DCE, in presenza o meno di un catalizzatore. Solo il 5% circa della produzione mondiale di VCM è dovuto alla idroclorurazione dell'acetilene.

La piroschissione spezza il DCE per dare VCM ed HCl. Il DCE viene riscaldato, e circa una metà di esso viene trasformata in VCM.



Ancora una volta, vanno rimossi alcuni sottoprodotti, i peci di VCM.

Tipologia e quantitativi dei sottoprodotti

E' sorprendente come, malgrado la presenza dei molti impianti di produzione di PVC sparsi nel mondo, esistano così poche informazioni sugli scarichi e sulle emissioni nell'ambiente dei composti organoclorurati tossici derivanti da questi processi. Aziende e governi mostrano inoltre uno scarsissimo interesse nella situazione reale.

Gli unici composti organoclorurati scaricati in acqua ed in aria che vengano misurati su base più o meno regolare sono quelli derivanti dal DCE e dal VCM. Ciò desta qualche perplessità, poiché è noto che il processo di produzione del DCE e del VCM genera all'incirca 2-5% di sottoprodotti clorurati per tonnellata di VCM prodotto (14,15). Nella maggior parte dei casi, tale percentuale è suddivisa in due tipi, le estremità pesanti e quelle leggere. Le quantità totali variano, ma quelle delle estremità pesanti e leggere restano più o meno le stesse. Una ricerca tedesca sulla produzione di PVC ha calcolato che le quantità dei due tipi di scorie ammontano ad 1,5% per le estremità leggere ed 1,7% per le estremità pesanti. Gran parte di queste scorie veniva bruciata in mare su navi-inceneritore, fino a che la preoccupazione insorta a livello internazionale sull'impatto di queste operazioni sull'ecosistema marino non vi pose fine nel 1990. La maggior parte di queste scorie viene oggi bruciata in loco.

Sono stati analizzati i sottoprodotti che si formano nel corso della produzione di DCE e VCM negli impianti della Norsk Hydro in Svezia. La Norsk Hydro ha individuato e misurato 29 tipi di organocloruri (vedi la tabella

1). Sebbene sia probabile che la distribuzione percentuale di questi composti vari da fabbrica a fabbrica, i risultati danno una buona indicazione dei livelli dei composti che si troverebbero presso gli impianti di produzione di DCE/VCM.

E' il caso di osservare che la maggioranza dei composti trovati in questo studio sono sia altamente tossici che volatili. L'eliminazione della maggior parte di essi è stata inoltre considerata di primaria importanza in fòri internazionali, quali la Conferenza del Mare del Nord, la Commissione di Parigi e la Commissione Internazionale Congiunta per i Grandi Laghi.

PARTE II

Questa parte descrive i risultati di alcune indagini condotte negli ultimi anni sulla creazione e lo scarico di organocloruri, come pure sul livello di questi composti nei sedimenti marini in prossimità di impianti di produzione di DCE/VCM.

Alcuni di questi studi sono inediti, mentre altri sono parzialmente noti in alcuni paesi. Pubblicati tutti insieme per la prima volta in questa relazione, forniscono un panorama dei problemi derivanti dalla produzione di DCE e di VCM.

CASE STUDY A

Studio condotto in Olanda sulla diossina presente in sedimenti marini in vari siti dei Paesi Bassi.

La prima ricerca che evidenziò questo problema venne pubblicata nel 1988, e riguardava diossine, furani e composti affini presenti in sedimenti provenienti dal Reno (16). Furono analizzati svariati campioni di sedimenti e di acque di scarico. Uno degli obiettivi era di cercare di individuare la fonte delle sostanze contaminanti. La relativa relazione fu la prima nell'ambito di un ampio programma di ricerca sulle fonti, i livelli ed il destino dei cogeneri del PCDD e del PCDF nei sedimenti del Reno e dei suoi affluenti.

E' noto che, sebbene molti processi che utilizzano cloro creino un'ampia gamma di organocloruri, ciascun processo dà un quadro diverso in quanto a quantitativi e tipi di organocloruri. Questo studio prese in esame il quadro della contaminazione dei sedimenti, cioè la composizione percentuale degli isomeri e dei cogeneri.

Una delle conclusioni tratte da ciò fu che la contaminazione di sedimenti ad una distanza di 660 km. e più lungo il Reno non poteva essere dovuta nè ad incinerazione nè a pirolisi dei PCB. La composizione percentuale degli isomeri nei sedimenti mostrava l'inaspettata presenza di grandi quantità di 1,2,3,4,6,8,9-epta-CDF, oltre a piccole quantità di 1,2,3,4,6,8,-esa-CDF e di 1,2,3,4,6,7,9-epta-CDF.

Viste queste composizioni percentuali ed i livelli di composti affini alla diossina nei sedimenti, per i quali non c'era spiegazione, lo studio dovette per forza concludere che ci doveva essere una fonte industriale ignota.

I ricercatori esaminarono i dati scientifici disponibili, e trovarono che i composti presenti nei sedimenti venivano prodotti anche nella fabbricazione di VCM (17) e nella sintesi di idrocarburi a catena corta (18).

Conclusero che erano necessarie ulteriori indagini e che:

"E' necessario prestare particolare attenzione alle acque reflue degli impianti di produzione di VCM situati lungo il Reno al Km. 669".

Si tratta degli impianti di produzione di VCM della Akzo a Rotterdam.

CASE STUDY B

Una nuova ricerca di laboratorio effettuata in Olanda sul processo di ossiclorurazione (approfondimento del Case Study A).

Sono state effettuate analisi di laboratorio sull'ossiclorurazione dell'etilene, al fine di studiare il potenziale collegamento fra contaminazione dei sedimenti e produzione delle materie prime per il PVC, nonché un esame della letteratura (19).

I seguenti composti erano chiaramente individuabili sia nella fase gassosa che nei residui di catalizzazione:

- * epta- ed octaclorodibenzo-p-diossina
- * tetra-, penta-, esa-, epta- ed ottaclorodibenzofurani

Fra le diossine ed i furani individuati si trovavano gli isomeri di sostituzione in 2,3,7,8, considerati i più tossici di tutti.

La quantità totale di diossine e furani policlorurati (PCDF e PCDD), espressa in equivalenti TCDD, era 5,5 ng per 1,31 g di 1,2-DCE prodotto.

Calcolando questi quantitativi in base alle quantità di PCDF e PCDD prodotte per 100.000 tonnellate di DCE, si ottengono i valori seguenti:

Totale PCDF e PCDD per 100.000 t di DCE = 41.725 g
Totale equivalenti TCDD per 100.000 t di DCE = 419 g

Confrontando questi risultati con i quelli dell'analisi dei sedimenti, gli autori trovarono che:

"Il processo è caratterizzato dagli ottaclorodibenzofurani e dagli eptaclorodibenzofurani, che dominano in entrambi i modelli di composizione percentuale, nonché dalla proporzione relativamente elevata dei cogeneri del tetraclorodibenzofurano (la coppia isomerica 1,3,7,8/1,3,7,9)".

"Queste composizioni percentuali si discostano chiaramente da quelli degli isomeri del PCDF e del PCDD formati dall'incinerazione delle scorie o trovati in sedimenti estesamente contaminati".

La relazione conclude che:

"La stretta somiglianza fra i sedimenti in prossimità della Akzo Rotterdam ed i cogeneri PCDD/PCDF ottenuti in laboratorio, e quelli trovati negli scarichi della fabbrica di VCM in questione, mostra chiaramente che si può considerare il processo di ossiclorurazione responsabile della contaminazione con PCDF e PCDD dei sedimenti in tale località".

Lo studio trovò inoltre che il cloruro di rame (CuCl_2), anche nella sua forma più pura, contiene diossine in quantità di nanogrammi per chilogrammo. Il rame, nella sua funzione di catalizzatore, gioca un ruolo essenziale nella formazione dei composti della diossina.

CASE STUDY C

Formazione di diossina alla Norsk Hydro a Rafnes, in Norvegia.

Nel 1990, in seguito ad una richiesta dell'EPA norvegese, il centro ricerche della Norsk Hydro preparò una relazione sulla creazione e lo scarico di diossina dagli impianti di produzione dell'azienda. La richiesta fu motivata dalla scoperta di diossine nelle falde freatiche vicine alla fabbrica.

Furono analizzate varie fasi del processo di produzione del VCM per verificare la presenza o meno di diossine. Il Centro Ricerche della Norsk Hydro trovò che durante il processo di ossiclorurazione venivano prodotti 3 g equivalenti TCDD di diossina, e l'azienda stabilì che questa era la fonte principale di contaminazione da diossina. L'analisi delle estremità pesanti mostrò tuttavia un livello di contaminazione da diossina di 9 g equivalenti TCDD. Le estremità leggere non furono analizzate, e si ignora pertanto se in esse vi fossero delle diossine. La questione interessante, per la quale la Norsk Hydro non aveva una risposta, è: da dove provenivano i rimanenti 6 grammi?

L'azienda sostenne che veniva sì creata diossina, ma che veniva distrutta durante il processo di incinerazione, e che gli scarichi nell'ambiente erano inferiori a 0,3 g equivalenti TCDD.

La relazione dichiarò inoltre che la tipica composizione percentuale degli isomeri generata durante questo processo è dominata da dibenzofurani, intensamente clorurati.

CASE STUDY D

Le emissioni diffuse nell'atmosfera dalla Norsk Hydro a Rafnes, in Norvegia, e dalla Hydro Plast, a Stenungsund in Svezia.

Sia in Norvegia che in Svezia, si sospettava che le emissioni diffuse fossero assai più elevate di quanto lasciava supporre la misurazione diretta degli scarichi. Nel 1990, l'Istituto Norvegese per l'Analisi dell'Atmosfera effettuò uno studio globale sulle emissioni diffuse provenienti dagli impianti a Rafnes (20). Un simile studio fu condotto in Svezia (21).

I risultati vengono mostrati qui di seguito e nella figura 2, e vengono confrontati con il monitoraggio regolare delle emissioni della Norsk Hydro in luoghi specifici di scarico diretto:

Svezia	Norvegia
t/anno	t/anno
Emissione diffusa	240 66
Scarichi diretti	
misurati con regolarità	3,67 5,3
Differenza	65 volte 12,3 volte

Oltre che di DCE, queste cifre comprendono emissioni di cloruro di etilene e di VCM. Le cifre norvegesi includono livelli misurati sia durante le operazioni normali sia durante quelle irregolari, quali ad esempio la temporanea chiusura dell'inceneritore.

I risultati non soltanto illustrano la grande differenza esistente fra scarichi diretti e diffusi per quanto riguarda i livelli di organocloruri, ma dimostrano anche le differenze fra una fabbrica e l'altra. A prescindere dall'età delle fabbriche, le differenze negli scarichi diffusi e diretti sono notevoli.

CASE STUDY E

Un'analisi chimica e biologica delle acque reflue degli impianti di produzione di VCM della Norsk Hydro a Rafnes, in Norvegia.

La Norsk Hydro sosteneva da lungo tempo che il principale organocloruro contenuto nelle sue acque di scarico era il DCE, e perciò monitorava soltanto il livello di quest'unica sostanza.

Nel 1991, in seguito ad una richiesta dell'EPA norvegese, l'Istituto Norvegese per le Analisi Idrologiche, in cooperazione con il Centro per le Ricerche Industriali, effettuò uno studio sulle caratteristiche chimiche e biologiche delle acque reflue dopo il trattamento negli impianti di produzione di VCM della Norsk Hydro in Norvegia (22).

Questa nuova ricerca utilizzò il metodo AOX, che misura il livello globale di cloro legato nell'organocloruro. Questo sistema viene generalmente usato quando non sono specificati gli organocloruri presenti. Secondo i risultati AOX gli organocloruri ammontavano a 41,3 kg/settimana (5,9 kg/giorno), mentre le misure del livello di DCE effettuate dalla Norsk Hydro nel 1991 davano 1,2 kg/settimana.

Poiché il metodo AOX non fornisce il peso molecolare, è difficile effettuare un confronto diretto con il valore del DCE. Nella controversia sulla fabbricazione della carta, come regola informale si usava moltiplicare il valore AOX per 10 per ottenere l'effettivo scarico di organocloruri. Dato che lo scarico da una fabbrica di VCM è probabilmente dominato da molecole più piccole, in questo caso si dovrebbe ottenere un peso molecolare più esatto moltiplicando per 2 il valore AOX.

Ciò risulta in uno scarico effettivo di 82,6 kg/settimana di composti organoclorurati, rispetto ai 1,2 kg di DCE. Pertanto, lo scarico di composti organoclorurati è in realtà 69 volte maggiore della quantità di DCE.

La Norsk Hydro cercò di screditare l'uso del metodo AOX per la misurazione di questo scarico, sostenendo che il cloro inorganico interferiva con il processo. Il Centro per le Ricerche Industriali affermò che il metodo AOX è idoneo a dare un'idea della quantità di organocloruri non identificati presenti nelle acque di scarico.

CASE STUDY F

Misurazione delle diossine e dei furani provenienti dagli impianti di produzione di PVC della Solvay in Germania.

Sono stati analizzati gli scarichi provenienti dagli impianti della Solvay a Rheinberg, per rilevare la presenza di diossina. La fabbrica è situata sulla sponda del Reno e fra i suoi prodotti vi è anche il VCM (circa 235.000 t/anno).

Nel 1988, la Stichting Reinwater, un'organizzazione ambientalista olandese, misurò le diossine ed i furani contenuti nelle acque del Reno a monte e a valle degli scarichi della fabbrica (23). Questi i risultati:

A monte	A valle
Totale diossine (ng/l): 0,37	6,47
Totale furani (ng/l): 0,09	5,68

Nel 1990, furono effettuati due studi sugli scarichi della fabbrica (24). Furono prelevati campioni in tre giorni diversi, e furono tutti basati su totali per i due tubi di scarico (uno per le acque reflue, l'altro per le acque di processo).

Diossine e furani espressi in equivalenti TCDD

TE/ng/l	TE/g/anno
Campione n. 1	
18/6/90	
GFA 0,19	8,03
Campione n. 2	
25/6/90	
GFA 0,11	4,70
Campione n. 3	
11/7/90	
Staatliches 0,07	3,06

A questi risultati, l'Ufficio Statale per la Gestione delle Acque e dei Rifiuti di Düsseldorf (Staatliches amt fur wasser-und Abfallwirtschaft) fece seguire uno studio approfondito degli scarichi provenienti dalle diverse parti degli impianti di produzione. Ne risultò in maniera inequivocabile che la fabbrica di VCM era la fonte principale delle diossine e dei furani.

Quando la Staatliches esaminò la composizione percentuale degli isomeri e dei cogeneri dei furani negli scarichi nella fabbrica, scoprì che vi dominavano completamente gli ottaclorodibenzofurani, sia espressi come equivalenti tossici che come percentuale in peso.

Il 20 novembre 1992, uno specialista ambientale della Solvay Germania ha dichiarato che la fabbrica di Rheinberg scarica 8 g equivalenti TCDD l'anno.

Va osservato che tutte le cifre in questo Case Study si riferiscono soltanto agli scarichi diretti, e non comprendono emissioni equivalenti TCDD provenienti, ad esempio, da fanghi, emissioni diffuse o prodotti.

CASE STUDY G

Misurazione della diossina presente nei sottoprodotti clorurati derivanti dalla produzione delle materie prime per il PVC alla Norsk Hydro di Stenungsund, in Svezia.

Anche la Norsk Hydro svedese è stata costretta a misurare i livelli di diossina in alcuni dei suoi flussi di scarico (25), per ordine dell'EPA svedese in seguito ad una richiesta di Greenpeace Svezia. Greenpeace aveva trovato (in un laboratorio dell'EPA) un'analisi effettuata su del vecchio peci di DCE proveniente da quegli stessi impianti, il quale mostrava un livello assai elevato di diossine.

Greenpeace chiese il permesso di prelevare nuovi campioni dalle acque reflue della Norsk Hydro, che rifiutò (26). Greenpeace presentò allora una denuncia formale al governo, e l'EPA chiese allora alla Norsk Hydro di effettuare le analisi.

Le analisi furono eseguite soltanto sui quattro tipi di scorie descritte nella tabella 1 e nella figura 1. I risultati mostrarono che contenevano le seguenti quantità di diossine:

Catrame di DCE : 320 g/anno

Catrame di VCM : 0,5 g/anno

Estremità pesanti : 0,5 g/anno

Estremità leggere : 0,02 g/anno

Totale : 321 g/anno

Tutte le cifre sono espresse in equivalenti TCDD. La figura 1 mostra le quantità prodotte ed uno schema a blocchi di questo processo.

I livelli allarmanti di diossina trovati in questo peci di DCE erano paragonabili a quelli ottenuti in laboratorio negli esperimenti sull'ossiclorurazione eseguiti ad Amsterdam (19). Nella spiegazione da lei fornita per questi risultati, la Norsk Hydro sostiene che queste diossine vengono distrutte nel corso dell'incinerazione, che ha luogo più avanti nel processo (25), e fa inoltre riferimento al fatto che le quantità di equivalenti di diossina presenti nelle emissioni che escono dal camino dell'inceneritore ammontano a soli 0,08 g/anno (25).

CASE STUDY H

Analisi dei sedimenti marini prospicienti agli impianti della Norsk Hydro a Stenungsund.

Alla fine del 1992 è stata pubblicata una nuova relazione sui livelli di inquinamento nei sedimenti lungo la costa occidentale della Svezia (27). Furono prelevati campioni di sedimenti anche a Stenungsund, dove si trovano gli impianti della Norsk Hydro per la produzione di PVC, ivi compresa una fabbrica di DCE/VCM. Lungo la costa di Bohus furono prelevati campioni di sedimenti in 13 siti diversi. Le analisi chimiche furono eseguite dal dipartimento di chimica analitica e marina della Chalmers University of Technology e dell'Università di Gothenborg, dall'Istituto di Chimica Ambientale dell'Università di Ume e dal Centro per le Ricerche Industriali (SI) di Oslo. Questi laboratori vengono usati spesso anche dalla stessa Norsk Hydro.

L'indagine riguardava tutta una gamma di componenti, dai nutrienti ai metalli pesanti ad un certo numero di composti organoclorurati.

In generale, la zona di Stenungsund è contaminata da composti organoclorurati, così come lo sono tutti gli altri punti di campionatura. Ciò non sorprende, perchè ciò si collega alla contaminazione generale dell'ambiente da parte di tali composti.

Nei campioni provenienti da Stenungsund furono rilevati livelli elevati di esaclorobenzene (HCB) e di pentaclorobenzene (5CB), nonché alcuni isomeri di diossine e furani.

Secondo le informazioni fornite dalla Norsk Hydro, entrambe le sostanze vengono formate nel peci di VCM prodotto durante la piroschissione del DCE a VCM. Come percentuale, la loro quantità nel peci di VCM è bassa, ma espressa in tonnellate, secondo le cifre della Norsk Hydro, i dati implicano la formazione di 610 kg di pentaclorobenzene e 3.100 kg di esaclorobenzene ogni 100.000 t di VCM (tavola 1).

I risultati indicano anche che Stenungsund presenta i livelli totali più elevati, sia delle diossine che dei furani.

Un ulteriore confronto fra questi campioni e quelli provenienti da altri luoghi mostra che, a Stenungsund, i sedimenti contengono livelli particolarmente elevati di ottaclorodibenzofurani e di eptaclorodibenzofurani.

CASE STUDY I

Reazione dell'EPA norvegese ai risultati relativi ai sedimenti svedesi, in vista del loro possibile impatto sugli impianti norvegesi della Norsk Hydro.

Anche le autorità norvegesi si sono interessate ai risultati delle analisi dei sedimenti (Case Study H) e della produzione di diossina (Case Study G) effettuate in Svezia. La Norsk Hydro a Rafnes ha fatto domanda di ampliare la sua produzione di VCM e di costruire un nuovo impianto di produzione di PVC da 200.000 tonnellate accanto ai suoi impianti per la produzione di VCM.

I dati provenienti dai sedimenti della costa svedese occidentale (27), ed un loro esame critico eseguito da Greenpeace (28), sono stati studiati e discussi dall'EPA norvegese (29), al fine di determinare il modo in cui i risultati svedesi possano influire sulla situazione negli impianti norvegesi ed nel relativo fiordo.

L'impianto norvegese per la produzione di VCM è situato in un fiordo, il Frierfjord, in cui è ubicato anche un impianto di produzione del magnesio da cui si originano livelli molto elevati di scarichi clorurati, fra cui i PCDD ed i PCDF.

I principali punti indicati in una lettera dell'EPA norvegese al ministro dell'ambiente sono i seguenti:

"La contaminazione da HCB nel Frierfjord è molto più elevata che a Stenungsund (livelli nei sedimenti fino a 10.000 ng/g rispetto ai 12 ng/g dei campioni svedesi). [...] La fonte nota della contaminazione da HCB è la fabbrica di magnesio. [...] L'elevato livello di contaminazione presente in quest'area significa che una analoga contaminazione derivante dalla fabbrica di VCM verrebbe "mascherata". [...] Sono stati trovati anche livelli elevati di pentaclorobenzene e di diossine nel fiordo ed al largo, ma è difficile trarre conclusioni circa possibili fonti che siano diverse dalla produzione di magnesio" (29).

L'EPA afferma che:

"I processi di produzione nella fabbrica di VCM creano molti composti clorurati diversi, ivi compresi esaclorobenzene (HCB), pentaclorobenzene (5CB) e diossine, analogamente a quanto rilevato nei sedimenti di Stenungsund. La produzione costituisce pertanto una potenziale fonte di scarico di tali composti. In realtà, la produzione sta portando anche allo scarico effettivo di composti organoclorurati sia nell'aria che nell'acqua" (29).

L'EPA menziona inoltre le analisi descritte nei Case Studies C,D ed E ed un'indagine più ampia effettuata precedentemente sui composti presenti nei sedimenti dell'area in relazione ad uno studio sull'inquinamento proveniente dagli impianti di produzione di magnesio (30,31,32). L'EPA ritiene pertanto di possedere sufficienti informazioni.

L'EPA norvegese riferisce che, secondo le composizioni percentuali degli isomeri, i composti dominanti provenienti dalla ossiclorurazione sono gli epta- e gli ottaclorodibenzofurani, e ciò concorda con i dati ottenuti dalla fabbrica stessa. I rilevamenti dell'EPA sui sedimenti del Frierfjord indicano come dominanti anche gli ottaclorodibenzo-p-furani (OCDD).

PARTE III

Discussione

Questa parte riassume ciò che sappiamo con certezza, ciò che si può sospettare e ciò su cui non esiste alcuna informazione ma che si dovrebbe sapere.

1. Creazione di diossine e composti affini nella produzione di DCE/VCM.

Diossine_e_furani

In base alle informazioni fornite nei Case Studies sopra descritti, risulta chiarissimo che, nella produzione di DCE/VCM, vengono generati quantitativi considerevoli di diossine e composti affini. Tali quantitativi, riferiti nei vari studi, vanno dai circa 0,5 g ogni 100.000 t di DCE prodotto alla Norsk Hydro Rafnes in Norvegia (33), ai 320 g alla Hydro Plast in Svezia (25), ai 419 g ogni 100.000 t di DCE prodotto nell'esperimento di ossiclorurazione condotto dall'Università di Amsterdam (19).

La produzione di DCE/VCM dà una composizione percentuale degli isomeri dominata dagli epta- e soprattutto dagli ottaclorodibenzofurani (19, 24, 28, 29, 33). Questa composizione si scosta da quella associata ad altri processi, per esempio l'incinerazione (16).

Altri composti affini alla diossina

L'analisi di laboratorio sulla ossiclorurazione, effettuata dall'Università di Amsterdam, ha inoltre identificato i seguenti sottoprodotti affini alla diossina:

- * 1,1,3,4-tetracloro-1,3-butadiene
- * 1,1,2,3,4,4-esacloro-1,3-butadiene
- * tetraclorobenzene
- * pentaclorobenzene
- * esaclorobenzene

I valori forniti dalla Norsk Hydro per i livelli di questi composti nelle scorie derivanti dal processo sono mostrati nella tabella 1.

Il tetraclorobutadiene non viene menzionato nelle cifre ufficiali dell'azienda. Tuttavia, il processo di ossiclorurazione deve per forza creare anche questi composti, anche se non è disponibile alcuna informazione circa la quantità.

Conclusione

La produzione di DCE/VCM mediante la clorurazione diretta unitamente alla ossiclorurazione crea grandi quantitativi di organocloruri indesiderati, ivi compresi composti altamente tossici quali benzeni clorurati, diossine e furani.

2. Creazione di organocloruri a catena corta nella produzione di DCE/VCM.

La maggior parte degli studi condotti sugli scarichi industriali di organocloruri si sono concentrati sulla diossina ed i composti ad essa affini. Ciò nondimeno, le informazioni fornite dalla stessa Norsk Hydro sui sottoprodotti individuano 29 composti organoclorurati a catena corta.

I fori internazionali assegnano priorità assoluta alla riduzione ed eliminazione degli organocloruri a catena corta, sia per i loro effetti acuti e cronici sulla fauna e sulla flora, sia perchè fra questi composti ve ne sono di fortemente dannosi per l'ozono.

La Dichiarazione del Mare del Nord (1990), ad esempio, elenca 36 composti tossici a cui dare priorità per l'eliminazione, compresa una riduzione del 50% della loro produzione ed utilizzazione entro il 1995. La maggior parte degli organocloruri elencati viene generata, in grande quantità, dalla produzione di VCM.

Conclusione

Le informazioni sulla creazione e sul comportamento dei sottoprodotti clorurati a catena corta nella produzione di DCE/VCM sono sorprendentemente scarse. E' tuttavia evidente che la produzione di DCE/VCM crea realmente enormi quantità di queste sostanze pericolose per l'ambiente.

3. Livelli e composizione percentuali degli isomeri delle diossine e dei composti ad esse affini nei sedimenti in prossimità di fabbriche di DCE/VCM.

Le analisi effettuate in Olanda su sedimenti provenienti dal Reno (Case Study A), hanno individuato delle composizioni percentuali degli isomeri delle diossine e dei furani tali da collegare in modo chiaro la contaminazione dei sedimenti con la fabbrica di VCM della Akzo.

L'analisi dei sedimenti marini lungo la costa svedese occidentale (Case Study H) ha trovato livelli allarmanti di benzeni clorurati e composizioni percentuali degli isomeri delle diossine e dei furani tali da collegare la contaminazione con la fabbrica di VCM della Hydro Plast a Stenungsund.

L'EPA norvegese ha dichiarato che la Norsk Hydro a Rafnes potrebbe contribuire alla contaminazione del Frierfjord con esaclorobenzene, diossine e furani. Tale conclusione è stata raggiunta in base alla composizione percentuale delle diossine e dei furani trovati nei sedimenti. E' tuttavia più difficile valutare la situazione norvegese a causa degli impianti di produzione di magnesio, situati nelle vicinanze, che scaricano anch'essi quantità enormi di organocloruri.

Conclusione

In base alle informazioni esistenti, si può ragionevolmente concludere che gli elevati livelli di diossina ed affini nei sedimenti nelle vicinanze degli impianti in questione, almeno in Svezia ed in Olanda, vanno attribuiti alla produzione di DCE/VCM.

4. Scarichi ed emissioni di organocloruri nell'ambiente dovuta alla produzione di DCE/VCM.

La produzione di DCE/VCM riversa nell'ambiente organocloruri, ivi compresi diossine e furani. L'interrogativo a cui bisogna ancora trovare una risposta è: in quale quantità? Ciò dipende dai livelli raggiunti durante il processo, e le vie successivamente seguite da questi composti.

I risultati di vari studi mostrano che vengono creati fra 3 e 400 g equivalenti TCDD per ogni 100.000 t di DCE/VCM prodotte. E' probabile che le quantità create varino di fabbrica in fabbrica.

Esistono molte vie possibili di scarico/emissione, sia dirette sia diffuse, nell'aria, nell'acqua e nel suolo, tramite le estremità pesanti e leggere, i vari tipi di scorie e residui creati nel corso del processo (ad esempio, i fanghi trattati ed i residui della catalizzazione) ed i prodotti finiti.

Il Case Study F individua scarichi diretti in acqua di considerevole entità. Il Case Study D dimostra che lo scarichi diffusi in aria sono molto più consistente di quelli diretti in aria ed in acqua che sono stati misurati. I Case Studies B ed E mostrano che gli scarichi diretti in acqua contengono miscele complesse di organocloruri.

La difficoltà nel risalire a tutte le possibili fonti di emissione di organocloruri da impianti di produzione di DCE/VCM viene illustrata dal problema della contaminazione delle acque freatiche alla Norsk Hydro Rafnes in Norvegia. La Norsk Hydro ha cercato per anni di scoprire la fonte della contaminazione da DCE e diossina della falda acquifera ubicata sotto la sua fabbrica. Malgrado i notevoli sforzi, compresa la revisione delle acque di scarico, la relazione annuale dell'azienda per il 1992 dichiara che non sono ancora riusciti ad identificare la fonte della contaminazione (33).

La quantità di sottoprodotti contenuta nei prodotti finiti è anch'essa sconosciuta. La Norsk Hydro ammette che nel VCM usato per la produzione di PVC si trovano delle diossine (34,35). Uno studio sui livelli di diossina in vari organocloruri ha rilevato ottaclorodibenzofurani nel DCE venduto a laboratori (18).

Il Case Study F conclude che gli impianti tedeschi della Solvay scaricano direttamente in acqua 8 g equivalenti TCDD di diossina l'anno. Altre fabbriche sostengono di scaricare in acqua meno di 0,1 g l'anno.

Si può illustrare questo problema usando, per calcolare gli scarichi diffusi di diossina in aria, l'esempio della Norsk Hydro a Rafnes, la quale dichiara un livello di scarichi diretti di diossina molto basso.

Presupposto_n._1

Se le diossine seguono i flussi di DCE, ed il livello percentuale di diossina rispetto al DCE nei flussi di gas è uguale a quello degli scarichi in acqua, il livello di diossina scaricato in aria da questa fabbrica sarebbe:

74,52 g equivalenti TCDD/anno

Presupposto n. 2

Se invece supponiamo che il rapporto fra diossina e DCE negli scarichi diffusi sia uguale a quello dei gas emessi dall'inceneritore, il livello di diossina scaricato in aria dalla medesima fabbrica sarebbe:

8,8 g equivalenti TCDD/anno

Questo presupposto non tiene conto della capacità dell'inceneritore di distruggere le diossine. La Norsk Hydro sostiene che le diossine vi vengono completamente distrutte: in tal caso, prima di arrivare all'inceneritore, il flusso di gas conterrebbe un livello di diossine molto più elevato e pertanto, secondo i calcoli di cui sopra, le emissioni di diossina sarebbero effettivamente molto più elevate.

Consideriamo anche il livello di contaminazione dei sedimenti in prossimità delle fabbriche di VCM. E' probabilmente impossibile ottenere un quadro degli isomeri così chiaro, e trovare dei livelli di diossine e composti affini così elevati, senza che lo scarico non superi un certo livello. La contaminazione dei sedimenti può naturalmente originare sia da scarichi in acqua, sia da emissioni in aria.

Si può ragionevolmente concludere che gli scarichi di diossina sono come minimo dell'ordine di 5-10 g per 100.000 t di DCE/VCM prodotto. Questo valore sarà molto più elevato per alcune fabbriche.

Altri organocloruri

Vi sono inoltre motivi per ritenere che vengano scaricati altri organocloruri nella stessa percentuale o più dei composti diossinici. Per quanto riguarda le diossine, ciò è responsabile all'incirca per il 2-3%, cioè 3-400 g ogni 100.000 t di DCE/VCM, il che viene considerato probabile in diversi Case Studies.

Osservando le cifre fornite dalla Norsk Hydro (tabella 1), ne risulta che anche queste sostanze vengono scaricate in enorme quantità. A tutt'oggi non esistono cifre ufficiali; tuttavia, prendendo due esempi dalla tabella 1, e basando i calcoli sul presupposto che 3% di ciò costituisce uno scarico reale, abbiamo:

Tetracloruro di carbonio: 3.460 kg/anno/100.000 t di DCE/VCM

Esaclorobenzene (HCB) : 92 kg/anno/100.000 t di DCE/VCM

Conclusione

In base alle informazioni disponibili, vi sono forti motivi per ritenere che la produzione di DCE/VCM riverserà nell'ambiente almeno 5-10 g equivalenti TCDD di diossine ogni 100.000 t prodotte, tramite scarichi nell'aria, nell'acqua e nel suolo, nonché vari tipi di scorie e prodotti. Gli scarichi di altri composti clorurati saranno di simile entità.

5. Confronto fra gli scarichi dagli impianti di produzione di DCE/VCM e quelli provenienti da altri impianti che utilizzano organocloruri.

In tutto il mondo, vengono creati 18 milioni di tonnellate di PVC all'anno (35); supponendo che per questa produzione sia necessaria all'incirca la stessa quantità di VCM, e che vengono scaricati 10 g di equivalenti TCDD di diossina ogni 100.000 t di VCM prodotto,

* Lo scarico mondiale totale di equivalenti TCDD di diossina dovuto a questa produzione raggiunge gli 1,8 kg l'anno.

* Se questa quantità di diossina si trovasse negli alimenti, sarebbe sufficiente a dare la dose annua massima a 8,1 miliardi di persone (peso medio 60 kg).

* La quantità di diossina equivale a 30 volte l'emissione annuale totale di diossina dell'intera Svezia (che

scarica 60 g di diossina l'anno).

Conclusioni

I dati disponibili suggeriscono che la produzione di DCE/VCM costituisce un'enorme fonte di organocloruri estremamente pericolosi e rappresenta una minaccia per l'ambiente, l'uomo, la flora e la fauna.